



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000058911 A**(43) Date of publication of application: **25.02.00**

(51) Int. Cl.

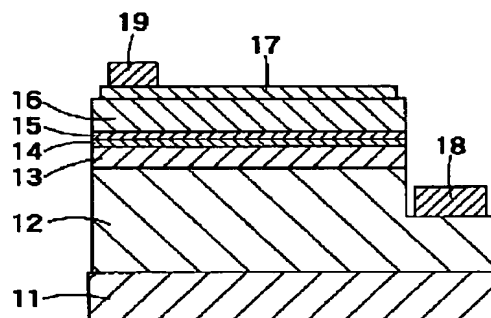
H01L 33/00(21) Application number: **10229031**(22) Date of filing: **13.08.98**(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**(72) Inventor: **YAMAMOTO MASAHIRO
NUNOGAMI SHINYA
FUJIMOTO HIDETOSHI**(54) **SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE**

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce contact resistance, and the operating current and operating voltage of a semiconductor, by providing a transparent conductive film that uses one or more kinds of metal elements that are mainly made of indium(In), at least one kind of halogen element, and oxygen(O) as composition elements.

SOLUTION: A transparent conductive film 17 is constituted of one or more kinds of metal elements that are mainly made of indium(In), at least one kind of halogen element, and oxygen(O). The metal element may be only one kind made of In or may contain other metal elements in addition to In. In this case, it is required that the atom ratio of In for the entire metal element should be set to 0.5 or more. Zinc(Zn) or tin (Sn) can be used as the metal element that can be added to In as the metal element. For the first transparent conductive film 17, at least one kind of the halogen element and oxygen(O) are used as composition elements in addition to the metal element.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-58911
(P2000-58911A)

(43)公開日 平成12年2月25日(2000.2.25)

(51)Int.Cl.⁷
H 0 1 L 33/00

識別記号

F I
H 0 1 L 33/00

テーマコード(参考)
C 5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平10-229031

(22)出願日 平成10年8月13日(1998.8.13)

(71)出願人 000003078
株式会社東芝
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(72)発明者 山 本 雅 裕
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会
社東芝研究開発センター内
(72)発明者 布 上 真 也
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会
社東芝研究開発センター内
(74)代理人 100064285
弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

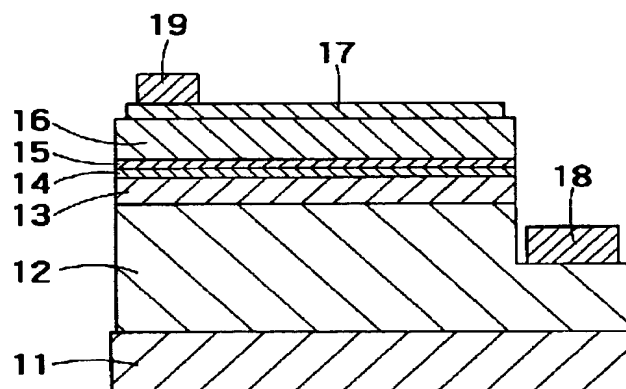
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体発光装置

(57)【要約】

【課題】 p型のIII族窒化物に対して低抵抗のコンタクトを形成することができる透明導電膜を用いることにより、オーミックコンタクトを確保し低動作電圧の半導体発光装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 p型のIII族窒化物に対して、インジウム(I n)を主とする一種以上の金属元素と、少なくとも一種のハロゲン元素と、酸素(O)と、を構成元素とする透明導電膜、または、インジウム(I n)とすず(S n)と酸素(O)とを含み、さらに、チタン(T i)、イリジウム(I r)、イットリウム(Y)、クロム(C r)、亜鉛(Z n)、ジルコニウム(Z r)、ハフニウム(H f)、タンタル(T a)、コバルト(C o)、ビスマス(B i)、及びマンガン(M n)からなる群より選択された少なくとも一種の添加元素を含有する透明導電膜を接触させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 p型のIII族窒化物層と、
n型のIII族窒化物層と、
前記p型のIII族窒化物層に接触して設けられ、インジウム（In）を主とする一種以上の金属元素と、少なくとも一種のハロゲン元素と、酸素（O）と、を構成元素とする透明導電膜と、
を備えたことを特徴とする半導体発光装置。

【請求項2】 p型のIII族窒化物層と、
n型のIII族窒化物層と、
前記p型のIII族窒化物層に接触して設けられ、インジウム（In）とすず（Sn）と酸素（O）とを含み、さらに、チタン（Ti）、イリジウム（Ir）、イットリウム（Y）、クロム（Cr）、亜鉛（Zn）、ジルコニウム（Zr）、ハフニウム（Hf）、タンタル（Ta）、コバルト（Co）、ビスマス（Bi）、及びマンガン（Mn）からなる群より選択された少なくとも一種の添加元素を含有し、前記添加元素の総量の原子比が40パーセント以下である透明導電膜と、
を備えたことを特徴とする半導体発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体発光装置に関し、より具体的には、本発明は、III族窒化物からなる半導体発光装置であって、特に、従来よりも低電流、低電圧で動作させることができる半導体発光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 DVD（digital versatile disc）に代表される次世代高密度記録装置には短波長の青色光源が必要であり、近年、盛んに研究されている。特に、窒化ガリウム（GaN）に代表されるIII族窒化物は、紫外線領域の波長帯も含めた光源として有望であり、注目を集めている。

【0003】 なお、本願において「III族窒化物」とは、 $B_x In_y Al_z Ga_{(1-x-y-z)} N$ （ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ ）のIII-V族化合物半導体を含み、さらに、V族元素としては、Nに加えてリン（P）や砒素（As）などを含有する混晶も含むものとする。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、III族窒化物は、一般にp型不純物の準位が深いため、十分に高いキャリア濃度を有するp型半導体層を形成することが困難である。そのため、p側の電極と半導体層との間でオーミック接触を形成することが困難であり、半導体発光装置の動作電圧が高くなるという問題があった。

【0005】 さらに、III族窒化物を用いた半導体発光装置においては、例えば、面発光型の素子構造を形成した場合に、光の取り出し面に透明電極を形成する必要がある。しかし、従来の透明電極は電子がキャリアとして

作用する点で本質的にn型の導電性を有し、p型のIII族窒化物に対して良好なオーミック接触を形成することが困難であるという問題もあった。

【0006】 以上説明した事情により、III族窒化物を用いた従来の半導体発光装置においては、動作電圧が高く、接触部の発熱による温度特性の劣化などが生ずるなどの問題があった。

【0007】 本発明はかかる課題の認識に基づいてなされたものである。すなわち、その目的は、p型のIII族窒化物に対して低抵抗のコンタクトを形成することができる透明導電膜を用いることにより、オーミックコンタクトを確保し低動作電圧の半導体発光装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 すなわち、本発明の半導体発光装置は、p型のIII族窒化物層と、n型のIII族窒化物層と、前記p型のIII族窒化物層に接触して設けられ、インジウム（In）を主とする一種以上の金属元素と、少なくとも一種のハロゲン元素と、酸素（O）と、を構成元素とする透明導電膜と、を備えたことを特徴とする。

【0009】 ここで、ハロゲン元素は、p型III族窒化物に対するコンタクト抵抗を低下させ、透明導電膜自体の電気抵抗も低下させ、さらに、可視光領域における光透過率を改善するために有用な成分である。また、ハロゲン元素は、酸化インジウムの（100）面の配向率が高い透明導電膜を得るうえでも有用な成分である。

【0010】 また、「金属元素」としては、上述したZn、Sn以外にも、アルミニウム（Al）、アンチモン（Sb）、ガリウム（Ga）、チタン（Ti）、ケイ素（Si）、ジルコニウム（Zr）、ゲルマニウム（Ge）、バナジウム（V）、タングステン（W）、ランタン（La）、ルテニウム（Ru）等の元素のいずれか1種類または複数種類を添加することができる。これらの元素のいずれかを添加することにより、p型III族窒化物に対するコンタクト抵抗を低下させることができる。

【0011】 一方、本発明の半導体発光装置は、p型のIII族窒化物層と、n型のIII族窒化物層と、前記p型のIII族窒化物層に接触して設けられ、インジウム（In）とすず（Sn）と酸素（O）とを含み、さらに、チタン（Ti）、イリジウム（Ir）、イットリウム（Y）、クロム（Cr）、亜鉛（Zn）、ジルコニウム（Zr）、ハフニウム（Hf）、タンタル（Ta）、コバルト（Co）、ビスマス（Bi）、及びマンガン（Mn）からなる群より選択された少なくとも一種の添加元素を含有し、前記添加元素の総量の原子比が40パーセント以下である透明導電膜と、を備えたことを特徴とする。

【0012】 すなわち、これらの添加元素を添加することにより、インジウム（In）、錫（Sn）および酸素

(O)のみを構成元素とする透明導電膜よりもp型のIII族窒化物に対して、低いコンタクト抵抗を確保することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明によれば、電極下部にIII族窒化物層を有する半導体発光装置において、III族窒化物層の少なくとも一部と接するように独特の構成を有する透明導電膜を設ける。

【0014】本発明において用いることができる透明導電膜は、以下に詳述するように、2種類のものに分類される。これらの透明導電膜を用いることにより、p型の半導体層とオーミックコンタクトをとることができ、動作電圧や動作電流を大幅に低下させることができる。

【0015】まず、本発明において用いることができる第1の種類の透明導電膜について説明すると、この透明導電膜は、インジウム(In)を主とする1種以上の「金属元素」と、少なくとも1種の「ハロゲン元素」と、「酸素(O)」とを構成要素とする。

【0016】これらの構成要素のうちの「金属元素」はInのみの1種類であってもよいし、Inに加えて他の金属元素も含んだ複数種類であってもよい。但し、全金属原子に対してInがしめる原子比が0.5以上であることを必要とする。このInの原子比すなわち(In/全金属原子)が0.5未満であると、酸化インジウムの配向性が低下するからである。

【0017】「金属元素」としてInに加えることができる金属元素としては、亜鉛(Zn)またはスズ(Sn)を挙げることができる。これらの元素の添加によって、p型のIII族窒化物に対するコンタクト抵抗を低下させ、同時に透明導電膜自体の電気抵抗を低下することもできる。ここで、Znを添加する場合には、InとZnの合計に対するInの原子比すなわちIn/(In+Zn)を0.9以上1未満とすることが望ましい。この原子比が0.9未満では結晶性が低下し、非晶質になりやすいからである。Inの原子比In/(In+Zn)が0.9以上1未満であれば、Znの添加に起因する結晶性の劣化を抑制しつつ、低コンタクト抵抗かつ低電気抵抗の透明導電膜を得ることができる。さらに、Inの原子比すなわちIn/(In+Zn)を0.91以上1未満とすると望ましく、0.93以上1未満とすることが特に望ましい。

【0018】一方、「金属元素」としてInに加えてSnを添加する場合は、透明導電膜におけるInの原子比すなわちIn/(In+Sn)は0.70以上1未満とすることが望ましい。この原子比が0.70未満では電気抵抗が低い透明導電膜を得ることが困難だからである。さらに、Inの原子比すなわちIn/(In+Sn)を0.75以上1未満とすることが望ましく、0.80以上1未満とすることが特に望ましい。

【0019】一方、「金属元素」としてIn以外にZn

とSnの両方を添加する場合は、透明導電膜におけるInの原子比すなわちIn/(In+Zn+Sn)は0.5~0.97で、Snの原子比すなわちSn/(In+Zn+Sn)は0.02~0.25で、Znの原子比すなわちZn/(In+Zn+Sn)は0.01~0.25とすることが望ましい。Inの原子比が0.5未満では酸化インジウムの配向性が低下する。また、Snの原子比が0.25を超えると、低電気抵抗の透明導電膜を得ることが困難になる。さらに、Znの原子比が0.25を超えると、非晶質になりやすくなるからである。

【0020】ZnとSnの両方を添加する場合には、Inの原子比すなわちIn/(In+Zn+Sn)を0.70~0.97とすることがさらに望ましく、0.75~0.97とすることが特に望ましい。また、Snの原子比Sn/(In+Zn+Sn)は0.02~0.20とすることがより望ましく、0.03~0.18とすることが特に望ましい。そして、Znの原子比Zn/(全金属原子=In+Zn+Sn)は0.01~0.15とすることがより望ましく、0.01~0.1とすることが特に望ましい。

【0021】本発明において用いる第1の透明導電膜を構成する「金属元素」としては、上述したZn、Sn以外にも、アルミニウム(Al)、アンチモン(Sb)、ガリウム(Ga)、チタン(Ti)、ケイ素(Si)、ジルコニウム(Zr)、ゲルマニウム(Ge)、バナジウム(V)、タングステン(W)、ランタン(La)、ルテニウム(Ru)等の元素のいずれか1種類または複数種類を添加することができる。つまり、これらの元素のいずれかを添加することにより、p型III族窒化物に対するコンタクト抵抗を低下させることができる。

【0022】但し、In以外のこれらの添加元素の割合は、0.2以下とすることが望ましい。添加元素の原子比すなわち(添加元素)/(全金属原子)が0.2を超えると、透明導電膜の電気抵抗が高くなったり、酸化インジウムの結晶性が低下したりするからである。

【0023】本発明において用いる第1の透明導電膜は、上述した「金属元素」(添加元素を含む。)以外に、少なくとも1種の「ハロゲン元素」と「酸素(O)」とを構成要素とする。ハロゲン元素は、p型III族窒化物に対するコンタクト抵抗を低下させ、透明導電膜自体の電気抵抗も低下させ、さらに、可視光領域における光透過率を改善するために有用な成分である。また、ハロゲン元素は、酸化インジウムの(100)面の配向率が高い透明導電膜を得るうえでも有用な成分である。ハロゲン元素の具体例としては、フッ素(F)、塩素(Cl)、臭素(Br)、ヨ素(I)等が挙げられる。これらの中でも、フッ素(F)を用いることが望ましい。酸化インジウムの(100)面の配向率を高めることができるからである。ハロゲン元素は、その総量の原子比すなわち(全ハロゲン)/(全金属原子)が0.

0.01~0.3となるように添加することが望ましい。この原子比が0.001未満では酸化インジウムの(100)面の配向率が高い透明導電膜を得にくくなり、0.3を超えると透明導電膜の導電率が低くなるからである。ハロゲン元素の総量についてのより望ましい原子比は0.05~0.2である。

【0024】本発明において用いる第1の透明導電膜は、上述の構成により、酸化インジウムの(100)面が基板表面と平行に配向する配向率が50%以上の結晶質酸化物からなるものとすることができる。

【0025】次に、本発明において用いることができる第2の透明導電膜について説明する。第2の透明導電膜は、インジウム(In)と、スズ(Sn)と、これら以外の添加元素と、酸素(O)とを構成元素とし、前記添加元素の原子比が25パーセント以下であることを特徴とする。ここで、「添加元素」としては、チタン(Ti)、イリジウム(Ir)、イットリウム(Y)、クロム(Cr)、亜鉛(Zn)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、コバルト(Co)、ビスマス(Bi)、マンガン(Mn)からなる群より選択された少なくとも一種の元素を用いることができる。

【0026】本発明における第2の透明導電膜に含有される添加元素、すなわち、インジウム(In)と、錫(Sn)と、チタン(Ti)、イリジウム(Ir)、イットリウム(Y)、クロム(Cr)、亜鉛(Zn)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、コバルト(Co)、ビスマス(Bi)およびマンガン(Mn)からなる群より選択された少なくとも1種の金属元素は、化学量論比の酸化物となったときに室温付近での比抵抗が $10^{-3} \sim 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ であり、いずれも半導体的な性質を示す。これは、例えば、「酸化物便覧」(サムノフ監修;日・ソ通信社)第208~209頁に記載されている。

【0027】本発明者は、透明導電膜を得るにあたって、インジウム(In)、錫(Sn)および酸素(O)の他に上記の群より選択された少なくとも1種の添加元素を添加することにより、インジウム(In)、錫(Sn)および酸素(O)のみを構成元素とする透明導電膜よりもp型のIII族窒化物に対して、低いコンタクト抵抗を確保することができることを見出した。

【0028】このとき、上記の透明導電膜自体の比抵抗は前記添加元素の総量の原子比の増大に伴って上昇するが、インジウム(In)、錫(Sn)および酸素(O)の他にアルミニウム(Al)やケイ素(Si)等、酸化物(化学量論比の酸化物)となったときに電気絶縁性を示す元素(Al_2O_3 の比抵抗は $1 \times 10^{22} \Omega \cdot \text{cm}$ 、 SiO_2 の比抵抗は $1 \times 10^{21} \Omega \cdot \text{cm}$)を構成元素とする透明導電膜において前記酸化物となったときに電気絶縁性を示す元素の原子比を増大させた場合よりも、その

上昇の度合いは緩慢である。

【0029】このため、本発明において用いる第2の透明導電膜については、当該透明導電膜の電気抵抗値を所望の値以下に抑制するための制御が容易であり、その結果として、所望の電氣的並に光学的特性を有する透明導電膜を再現性よく得ることができる。

【0030】この透明導電膜は、その製造過程での不可避免的な混入物を除き、上記した構成元素のみからなる。この透明導電膜は、(1)非晶質、(2)インジウム酸化物、錫酸化物および上記の群より選択された添加元素の酸化物との混合物(混晶を除く結晶質)、(3)インジウム酸化物、錫酸化物および上記の群より選択された金属元素の酸化物との混晶、(4)上記(3)の混晶と、上記の群より選択された金属元素の酸化物との混合物、のいずれからなるものでもよい。

【0031】さらに、金属元素の総量に対する添加元素の原子比すなわち(添加元素)/(In+Sn+添加元素)を2~50at% (原子パーセント)とすることが望ましい。さらに、添加元素の原子比を1~40at%の範囲内とすることが望ましい。

【0032】この透明導電膜は、200nm厚での可視光の透過率が概ね85%以上であるので、その膜厚を200nm以下にすることにより、透明導電膜として好適に使用することが可能になる。この透明導電膜の膜厚が200nmを超えると可視域での光吸収が大きくなり、光透過率の低下が避けられない。一方、膜厚が12nm未満では、実用に耐え得る導電膜を形成することが困難になる。上述した酸化物膜からなる透明電極膜の膜厚は、12~200nmとすることが望ましい。

【0033】ここで、添加元素の総量の原子比の下限値を1at%に限定する理由は、当該原子比が1at%未満の透明導電膜ではp型のIII族窒化物に対して、十分に低いコンタクト抵抗を確保できないからである。

【0034】また、当該添加元素の原子比が40at%を超える透明導電膜では比抵抗が $2.0 \times 10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ を超え、透明導電膜自体の抵抗が上昇してしまう。したがって、本発明では上記金属元素の総量の原子比の上限値を40at%に限定する。これらの添加元素の種類や添加量は、コンタクトするIII族窒化物の組成やキャリア密度、あるいは透過させる光の波長などに応じて適宜選択が可能である。

【0035】一方、透明導電膜におけるインジウム(In)の原子比 $\text{In}/(\text{In}+\text{Sn}+\text{全金属原子})$ および錫(Sn)の原子比 $\text{Sn}/(\text{In}+\text{Sn}+\text{全金属原子})$ は、電気抵抗の経時的安定性の高い透明導電膜を得るうえから、前者が60~95at%、後者が2.8~20at%であることが好ましく、特に、前者が60~90at%、後者が3.0~15at%であることが好ましい。

【0036】上述した透明導電膜のコンタクト抵抗は、

当該透明導電膜の組成および膜厚を調整することによって適宜変更可能であり、目的とする透明導電積層体の用途およびその電気的特性等に応じた所望値とすることができる。

【0037】以上詳述した第1及び第2の透明導電膜は、スパッタリング法、プラズマCVD法、スプレーパイロリシス法、ゾルゲル法、イオンプレーティング法等の方法によって形成することができる。均一性やIII族窒化物層との密着性に優れた透明導電膜を得るうえからは、スパッタリング法（反応性スパッタリング法を含む。）によることが望ましい。

【0038】スパッタリング法によって上記の透明導電膜を形成する場合、スパッタリングターゲットとしては、目的とする透明導電膜の組成に応じた酸化物からなる焼結体ターゲットを用いることが好ましい。当該焼結体ターゲットの組成は、スパッタ率および目的とする透明導電膜の組成に応じて適宜選択される。

【0039】この焼結体ターゲットは、例えば、目的とする透明導電膜を構成する元素のうちの酸素（O）以外の各元素について、その酸化物または焼成により酸化物となる化合物を所定量ずつ混合し、この混合物を仮焼した後に粉碎し、この後、成形し、焼結することにより得ることができる。例えば、目的とする透明導電膜がインジウム（In）、錫（Sn）、チタン（Ti）および酸素（O）を構成元素とするものである場合には、次のようにして目的とする焼結体ターゲットを得ることができる。

【0040】まず、酸化インジウムまたは焼成により酸化インジウムとなる化合物（例えば塩化インジウム、硝酸インジウム、酢酸インジウム、水酸化インジウム、インジウムアルコキシド等）と、酸化錫または焼成により酸化錫となる化合物（例えば塩化錫、硝酸錫、酢酸錫、水酸化錫、錫アルコキシド等）と、酸化チタンまたは焼成により酸化チタンとなる化合物（例えば塩化チタン、硝酸チタン、硫酸チタン等）とを、所定量ずつ秤量して混合する。次いで、得られた混合物を500～1200℃で仮焼し、この仮焼物をボールミル、ロールミル、パールミル、ジェットミル等で粉碎して、粒子径が0.01～1.0μmの範囲内でかつ粒子径の揃った粉末を得る。なお、仮焼物の粉碎に先立って、当該仮焼物に100～800℃で還元処理を施してもよい。また、必要に応じて、前記の粉末について更に仮焼、粉碎を所望回数繰り返してもよい。この後、得られた粉末を所望形状に加圧成形し、成形物を800～1700℃で焼結する。このとき、必要に応じてポリビニルアルコール、メチルセルロース、ポリワックス、オレイン酸などを焼結助剤として用いてもよい。このようにして焼結体を得ることにより、目的とする焼結体ターゲットを得ることができる。

【0041】上述した焼結体ターゲットを用いてのスパ

ッタリングは、RF（高周波）スパッタリング、DC（直流）スパッタリング等により行うことができるが、生産性や得られる透明導電膜の膜特性の観点から、工業的には一般的にDCスパッタリングが好ましい。DCスパッタリングのスパッタリング条件の一例を挙げるとすれば、以下のようになる。

【0042】すなわち、スパッタリング雰囲気はアルゴンガス等の不活性ガス、または不活性ガスと酸素ガスとの混合ガスとし、スパッタ時の雰囲気圧（スパッタ圧）は 1×10^{-2} Pa～5 Pa程度、ターゲット印加電圧（放電電圧）は1000 V未満とする。スパッタ時の雰囲気圧（スパッタ圧）が 1×10^{-2} Pa未満ではプラズマの安定性が悪く、5 Paを超えると得られる透明導電膜の基材への密着性が悪くなる。

【0043】また、ターゲット印加電圧（放電電圧）が1000 V以上では透明導電膜がプラズマによるダメージを受け、目的とする電気的特性を有する透明導電膜が得られなかったり、ターゲットが割れる等の問題が発生し易い。ターゲット印加電圧（放電電圧）の好ましい値は800 V未満、さらに好ましくは500 V未満である。高品質の透明導電膜を得るためにはターゲット印加電圧（放電電圧）をできるだけ低くすることが好ましいが、極端に低い場合には生産性の問題が生じてくる。したがって、ターゲット印加電圧（放電電圧）の最適値は、要求される透明導電膜の品質と生産性とを総合的に考慮したうえで適宜選択される。また、成膜時の基板温度（透明基材の温度）は、透明基材の耐熱性に応じて、当該透明基材が熱により変形や変質を起こさない温度範囲内で適宜選択される。

【0044】上記の透明導電膜からなる透明導電膜の形状は、当該透明導電膜を用いる半導体発光装置の構造に応じて適宜選択される。例えば、メサ状に加工されたp型III族窒化物層の上に選択的に形成する場合には、成膜時に所定のマスクを使用することによって、あるいは成膜後に所定のパターンニングを行うことによって、所望のパターンに形成することができる。

【0045】

【実施例】以下、本発明の詳細を図示の実施例によって説明する。図1は、本発明の一実施例に関わる発光ダイオード（light emitting diode: LED）の概略構造を表す断面図である。図中11はサファイア基板であり、12はn型Ga_{0.9}Nコンタクト層、13はn型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層、14はGa_{0.9}N/In_{0.1}Ga_{0.9}N/Ga_{0.9}Nからなる量子井戸層である。15はp型Al_{0.1}Ga_{0.9}N電流拡散防止層、16はp型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層、17は透明導電膜であり、18、19はそれぞれ、n側とp側の電極である。ここで、透明導電膜17としては、前述した第2の透明導電膜を採用した。

【0046】各半導体層の結晶成長はMOCVD（Metal-Organic Chemical Vapor Deposition）を使用してい

る。ただし、透明導電膜17は、スパッタ法を用いて形成した。スパッタリングターゲットとしては混合酸化物からなる焼結体ターゲットを用いた。また、ターゲットの寸法は、直径4インチ、厚さ5mmとした。

【0047】導入ガスは、97重量%Ar+3重量%O₂混合ガスとし、直流マグネトロン方式で、放電電流0.2A、放電電圧400V、バックグラウンド圧力 5.0×10^{-4} Paの条件で放電させた。スパッタに先だって、5分間のプレスパッタを行い、スパッタ圧力 1.4×10^{-1} Paにおいて4分間スパッタを実施した。ここで、基板回転速度は約6rpmとし、基板加熱は行わなかった。

【0048】また、得られた透明導電膜の原子組成比は、誘導プラズマ発光分光分析(ICP)によって測定した。

【0049】また、各透明導電積層体について、波長550nmの光の透過率を求めた。比抵抗は約 $1.8 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 、光透過率は約88~89%の透明導電膜が得られた。

【0050】一方、LEDの素子構造の加工には、一般的なフォトリソを使用し、パターニングを行ったのち、ドライエッチングにより段差部と表面形状を加工した。

【0051】本実施例の発光ダイオードの電流電圧特性を評価した結果、2.5Vで立ち上がり、従来よりも0.5V以上、立ち上がり電圧が減少したことが確認された。また、駆動電流20mAにおける電圧は2.7Vであり、従来よりも1V低い動作電圧となった。すなわち、本発明によれば、p側に透明導電膜17を設けることにより、コンタクト抵抗を低下させ、従来よりも低電流・低電圧で駆動させることができる。その結果として、LEDの発熱量も低下し、温度特性が改善されるとともに、素子寿命も伸ばすことができる。

【0052】図2(a)及び(b)は、本発明の第2の実施例にかかる半導体レーザを表す概略断面図である。すなわち、同図中21はサファイア基板であり、22はn型GaNコンタクト層、23はn型横方向(ラテラル)成長AlGaNクラッド層、24はアンドープGaN光ガイド層、25はInGaN/InGaNからなる量子井戸層である。26はp型GaN光ガイド層、27はp型AlGaNクラッド層、28は低抵抗p型InSnZnO透明導電膜コンタクト層である。また、201、202はそれぞれ、n側とp側の電極である。210は、段差形状上に形成された透明導電膜であり、GaN層22とAlGaN層23とのヘテロ接合の間に部分的に設けられている。透明導電膜28は、ここでは第2の透明導電膜に該当する。ここで、透明導電膜210は、前述した第1の透明導電膜と第2の透明導電膜のいずれを用いても良い。また、図2(b)に示したように、透明導電膜210は、層の内部に設けられていても

良い。

【0053】半導体層の結晶成長はMOCVDにより行う。但し、n型GaN層22をMOCVD法で成長後に、透明導電膜210をスパッタ法で堆積し、その後、一つの幅が2ミクロンになるようにレジストを用いて透明導電膜210をパターニングしドライエッチングで島状構造を形成した。この時、n型GaN層22の一部もエッチングする。その後、ウェーハをMOCVD装置に戻して、n型GaN層22の露出部分を核として、AlGaNクラッド層23をラテラルエピタキシャル成長させる。さらに、その上の各層の結晶成長を行う。また、p型InSnZnO透明導電膜コンタクト層は、スパッタ法で堆積することができる。スパッタ法による形成工程の詳細は、上述した如くであるのでその説明は省略する。

【0054】透明導電膜28及び210を設けない従来の半導体レーザのしきい値電流密度は、 $5 \sim 6 \text{ kA/cm}^2$ であり、しきい値電圧は、7~8Vであった。これに対して、本実施例の半導体レーザのしきい値電流密度は、 1 kA/cm^2 であり、しきい値電圧は、3.4Vであった。つまり、本発明の半導体レーザは、従来と比べてしきい値電流密度が約1/5であり、しきい値電圧も半分以下に低下した。これは、p側にp型InSnZnO透明導電膜コンタクト層28を設けたことによりコンタクト抵抗を大幅に低減したからである。さらに、n側においても透明導電膜210を設けたことにより、GaNコンタクト層22とAlGaNクラッド層23とのコンタクト抵抗を低下させて電流が面内方向に容易に拡がるようになり活性層25に均一且つ高効率に電流が注入されるからである。

【0055】本実施形態においても、しきい値電流密度やしきい値電圧を従来よりも大幅に低下させることにより発光効率を改善し、同時に素子の発熱量を低減させて温度特性を改善し寿命も伸ばすことができる。

【0056】図3は、本発明の第3の実施例にかかる発光ダイオードを表す概略断面図である。

【0057】すなわち、同図は面発光型LEDを表し、図中32はn型GaNコンタクト層、33はn型AlGaNクラッド層、34はアンドープGaN光ガイド層、35はInGaN/InGaNからなる量子井戸層である。36はp型GaN光ガイド層、37はp型AlGaNクラッド層、38は低抵抗p型InSnZnO:Clコンタクト層であり、301、302はそれぞれ、n側とp側の電極である。39は、n型GaN層上に形成された透明電極膜である。透明導電膜としては、前述した第1の透明導電膜と第2の透明導電膜のいずれを用いても良い。

【0058】本実施例においては、32n型GaN層の一部を、まず、クロライドVPE(Vapor Phase Epitaxy)により成長し、その後MOCVDにより、各層を成

長する。または、図示しないサファイアなどの基板の上にバッファ層を介してGa_{0.2}N層22~AlGa_{0.8}Nクラッド層37を成長し、その後バッファ層を選択的にエッチングして基板を除去しても良い。この際に用いるバッファ層としては、選択エッチングが容易な材料であることが望ましく、例えば、In_{0.5}Nなどを用いることが望ましい。また、低抵抗p型In_{0.5}SnZnO:Clコンタクト層38と透明電極膜39はスパッタ法により形成した。その形成工程の詳細は、上述した如くであるのでその説明は省略する。

【0059】本実施例のLEDの電流電圧特性を評価した結果、約2.4Vで立ち上がり、従来よりも0.6V以上、立ち上がり電圧が減少したことが確認された。また、駆動電流20mAにおける電圧は2.6Vであり、従来よりも1V以上低い動作電圧となった。すなわち、本発明によれば、p側に低抵抗p型In_{0.5}SnZnO:Clコンタクト層38を設け、また、n側にも透明電極膜39を設けたことにより、コンタクト抵抗を大幅に低下させ、従来よりも低電流・低電圧で駆動させることができる。その結果として、LEDの発熱量も低下し、温度特性が改善されるとともに、素子寿命も伸ばすことができる。

【0060】さらに、本実施形態によれば、p側とn側の両側から光を取り出すことができる。従って、光の取り出しロスが低減し、取り出し効率を大幅に改善することができる。従来の面発光型LEDの光取り出し効率は、約20%程度に過ぎなかったが、本実施例によれば、光取り出し効率を40%まで改善することができる。

【0061】本実施例において、p側とn側とにそれぞれ取り出した光は、例えば、図示しない反射鏡などの光学的手段によって同一方向に放出させることができる。

【0062】さらに、本実施形態においてコンタクト層38を加工することにより、容易にレーザダイオードを構成することができる。

【0063】以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は上述した具体例に限定されるものではない。例えば、実施例では材料系としてGa_{0.2}NまたはAlGa_{0.8}Nを用いたが、その他のIII族窒化物も同様に用いて同様の効果を得ることができる。

【0064】また、基板として用いることができる材料はサファイアに限定されず、その他にも、例えば、スピネル、MgO、ScAlMgO₄、LaSrGaO₄、(LaSr)(AlTa)O₃などの絶縁性基板や、SiC、Si、Ga_{0.2}N、GaAsなどの導電性基板も同様に用いてそれぞれの効果を得ることができる。ここで、ScAlMgO₄基板の場合には、(0001)面、(LaSr)(AlTa)O₃基板の場合には(111)面を用いることが望ましい。

【0065】また、同一基板上に複数の素子を集積化することも可能である。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

【0066】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、従来困難であったp型のIII族窒化物に対する低抵抗のコンタクトを容易に確保することができるようになる。その結果として、コンタクト抵抗を低下させ、半導体素子の動作電流や動作電圧を低下させることができる。

10 【0067】さらに、コンタクト部の発熱を低下させることにより、半導体素子の発熱量を低下させ、素子の温度特性を改善するとともに、寿命も伸ばすことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る窒化ガリウム系LEDを示す図。

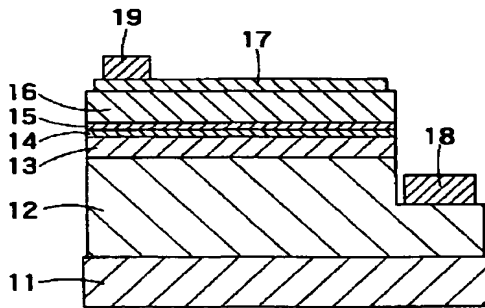
【図2】本発明の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体レーザを示す図。

20 【図3】本発明の実施の形態に係る窒化ガリウム系LEDを示す図。

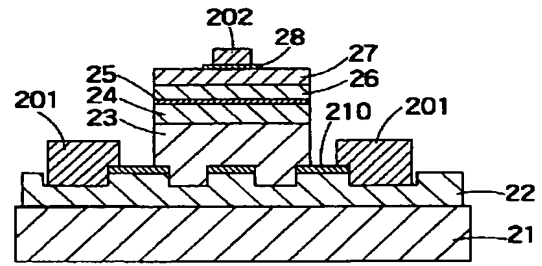
【符号の説明】

- 11 サファイア基板
- 12 n型Ga_{0.2}Nコンタクト層
- 13 n型AlGa_{0.8}Nクラッド層
- 14 Ga_{0.2}N/InGa_{0.8}N/Ga_{0.2}N量子井戸層
- 15 p型AlGa_{0.8}N電流拡散防止層
- 16 p型AlGa_{0.8}Nクラッド層
- 17 透明導電膜
- 18、19 電極
- 30 21 サファイア基板
- 22 n型Ga_{0.2}Nコンタクト層
- 23 n型横方向(ラテラル)成長AlGa_{0.8}Nクラッド層
- 24 アンダーブGaN光ガイド層
- 25 InGa_{0.8}N/InGa_{0.2}N量子井戸層
- 26 p型Ga_{0.2}N光ガイド層
- 27 p型AlGa_{0.8}Nクラッド層
- 28 低抵抗p型In_{0.5}SnZnO透明導電膜コンタクト層
- 40 201、202 電極
- 210 透明導電膜
- 32 n型Ga_{0.2}Nコンタクト層
- 33 n型AlGa_{0.8}Nクラッド層
- 34 アンダーブGaN光ガイド層
- 35 InGa_{0.8}N/InGa_{0.2}N量子井戸層
- 36 p型Ga_{0.2}N光ガイド層
- 37 p型AlGa_{0.8}Nクラッド層
- 38 低抵抗p型In_{0.5}SnZnO:Clコンタクト層
- 39 透明電極
- 50 301、302 電極

【図 1】

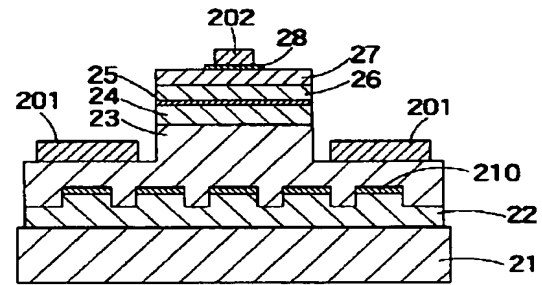
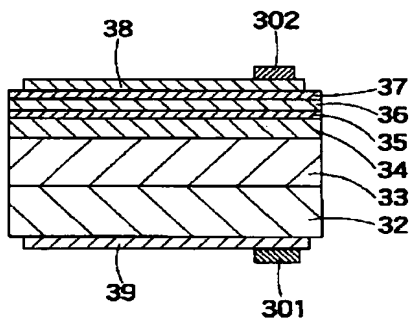


【図 2】



(a)

【図 3】



(b)

フロントページの続き

(72)発明者 藤 本 英 俊
神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 株式会
社東芝研究開発センター内

Fターム(参考) 5F041 AA21 CA04 CA05 CA12 CA40
CA65 CA77 CA82 CA88